



NYÍREGYHÁZI EGYETEM

MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET

NYÍREGYHÁZA



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

AUTOKLÁV ANYAGMOZGATÓ RENDSZERÉNEK FEJLESZTÉSE

Készítette: Perjési Dániel

Konzulens: Dr. Szigeti Ferenc, főiskolai tanár

Sitku István

Rebenyák Balázs

NYÍREGYHÁZA

2021.11.19.

Tartalomjegyzék

Bevezetés.....	1
1. Gumiipari termékek előállításának gépei és azok logisztikája.....	2
2. Jelenlegi konstrukció bírálata	8
3. Konstruktív tervezés	10
3.1 Lánchajtás tervezése	10
3.2 Tengelyek és csapágyak méretezése	13
3.2.1 A biztonsági tényező meghatározása.....	13
3.2.2 A hajtott tengely megtervezése és ellenőrzése	14
3.2.3 A hajtó tengely megtervezése és ellenőrzése	17
3.2.4 A csapágyak kiválasztása	20
3.3 Tartószerkezet ellenőrzése	22
4. Kereskedelmi forgalomban nem kapható alkatrészek gyártástervezése.....	24
4.1 Gyártástervezés hagyományos gépekre	24
4.2 Gyártástervezés CNC gépekre	34
4.3 Gyártási módszerek összehasonlítása idő és gazdaságosság szempontjából.....	36
5. Következtetések, javaslatok.....	39
Összefoglalás	40
Irodalomjegyzék	41
Mellékletek jegyzéke.....	41

CD mellékletek jegyzékeHiba! A könyvjelző nem létezik.

Ábrajegyzék42

Táblázatok jegyzéke43

Bevezetés

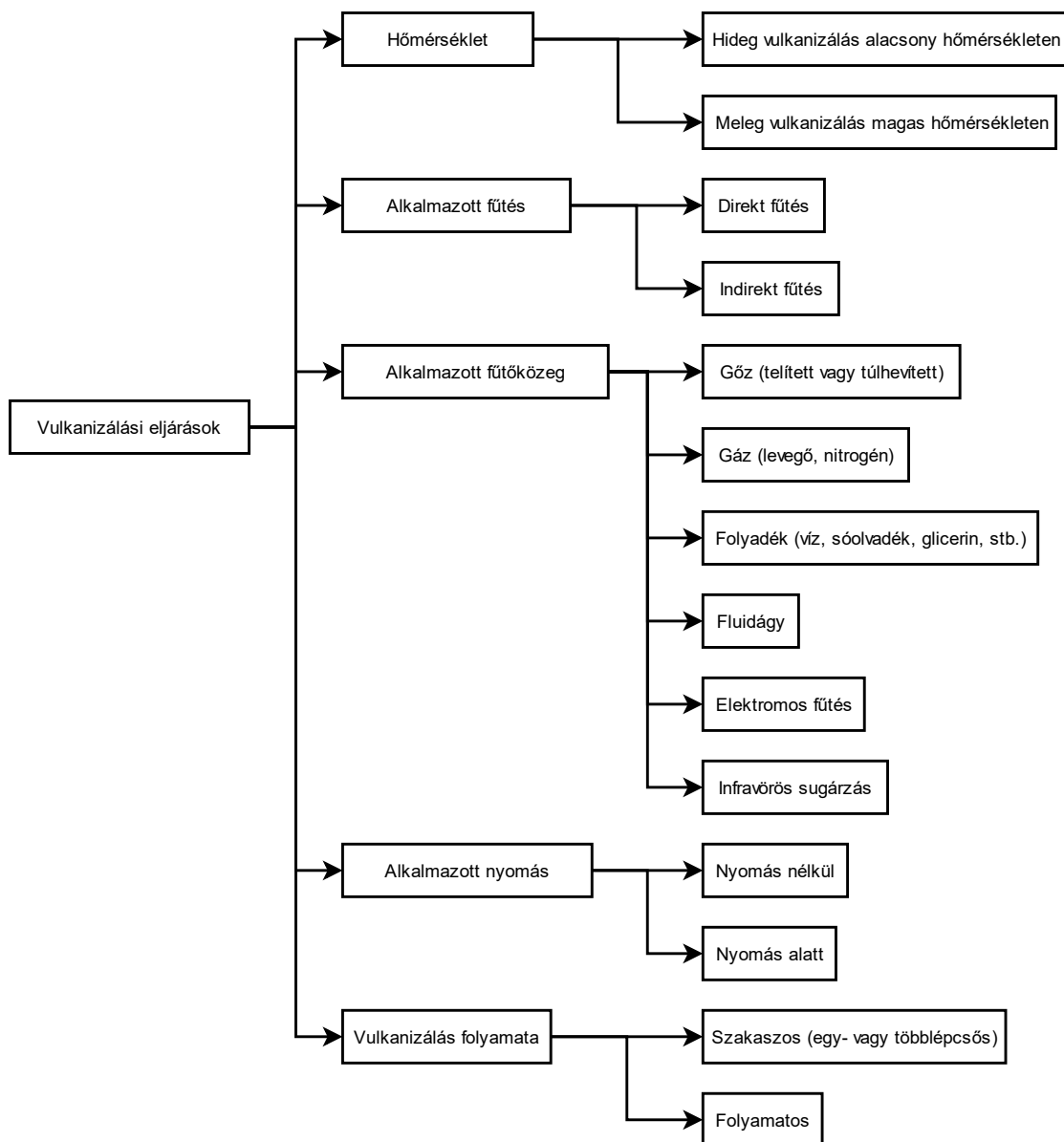
A Hübner GmbH magyarországi leányvállalata, a Hübner-H Gumi- és Műanyagipari Kft. kötőtpályás és közúti járművek átjárórendszereinek, valamint gumitermékek gyártásával foglalkozik. Tanulmányaim kezdete óta ez a vállalat foglalkoztat, mint duális gyakornokot. Gyakorlati tevékenységeim a gumitermékekkel foglalkozó, Material Solutions (röviden MatSol) üzletág köré csoportosultak.

A nyers gumi egy képlékeny anyag. Ezen képlékeny anyag megformálása után a rugalmasságát egy vulkanizációs folyamat következtében nyeri el. Ezen folyamat szabad levegőn is lezajlik, de igen lassan, évek kellenének hozzá, ezért a folyamatot autoklávok segítségével gyorsítják fel, ahol a gumitermékeket magas hőmérsékleten és nyomáson tartják.

A Hübner-H Kft.-nél több autokláv is található, ezek közül három több mint húsz méteres. Az autoklávokba a termékek bevezetése kazánkocsi segítségével történik. A kazánkocsi kötött pályán, síneken mozgatható, csapágyazott kerekekkel szerelt, láncsal hajtott anyagmozgató eszköz. Mivel a gyártáshoz elengedhetetlen a vulkanizálás, ezen kazánkocsik és az őket mozgató láncos szállítópályák kiemelten fontos elemei a gyártásnak, meghibásodásuk gyártáskiesést okoz. Dolgozatom témája a kazánkocsikat mozgató láncos mechanizmus felülvizsgálata, üzembiztossá tétele.

1. Gumiipari termékek előállításának gépei és azok logisztikája

„A gumiipari termékek gyártásánál a vulkanizálás az utolsó technológiai folyamat. Ez adja meg a gyártmány végső alakját, ez alatt játszódik le a kaucsukkeverék térhálósodása, amely meghatározza a termék végső tulajdonságait. A térhálósítási reakciót úgy kell beállítani, hogy lehetőleg a legrövidebb idő alatt a gyártmány igénybevételének megfelelő optimális térhálósodás alakuljon ki.” [1]



1. ábra. Vulkanizálási eljárások csoportosítása [1]

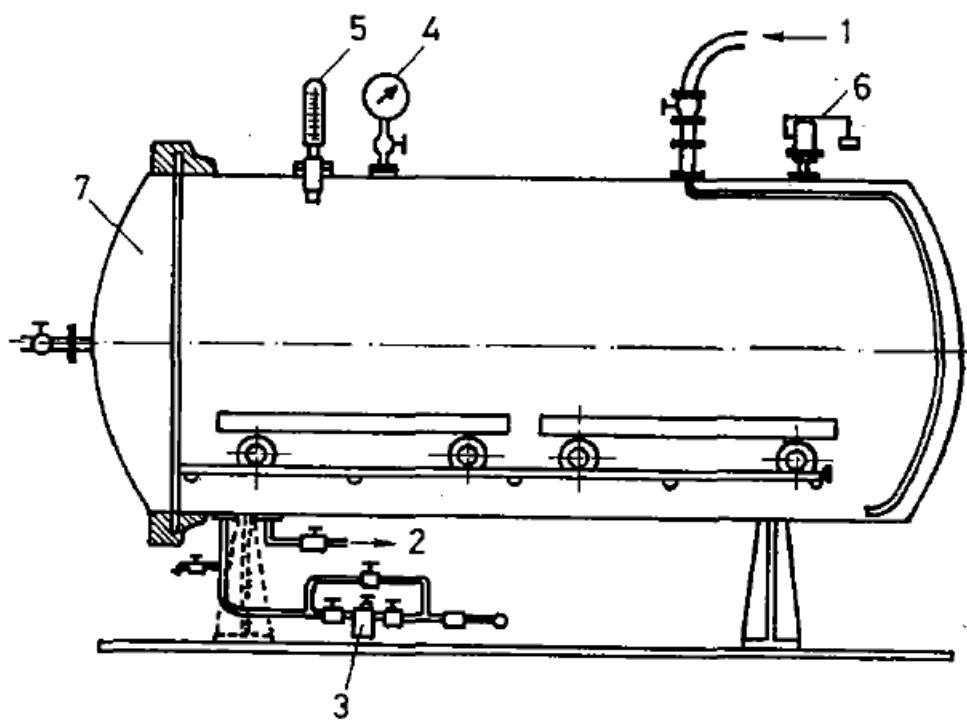
Forrás: Saját ábra a jelölt forrás alapján

A vállalatunknál használt vulkanizálási technológia az 1. ábra alapján szakaszos, túlhevített gőzös, direkt fűtésű, nyomás alatti meleg vulkanizálás, hiszen vulkanizáló kazánjainkba

közvetlenül a gumitermékekkel egy térbe engedjük be a túlfűtött, magas hőmérsékletű és nagy nyomású vízgőzt.

A vulkanizáló kazánokat, vagy másnéven autoklávokat nyomás alatt történő vulkanizálási technológiáknál használják, ez a legszélesebb gyártmányszortiment-körben alkalmazható vulkanizálási eljárás. A kazánok elhelyezése főleg fekvő, ritkábban álló (üstkazán) kivitelű [1].

A fekvő kazánok hengeres nyomástartó edények, melyek belsejében sín pár helyezkedik el. Ezen egy kocsi ki- és betolható, ill. a kazánok egy vagy két oldalon nyithatóak. Fedelük bajonettzárral és ajakos tömítéssel van ellátva, méretük a vulkanizálandó termék nagyságától, hosszától függően átlépheti akár a 30 métert is [1].



2. ábra. Vulkanizáló gőzkazán

1 – gőz bevezetése; 2 – gőz kivezetése; 3 – kondenzedény; 4 – manométer; 5 – hőmérő; 6 – biztonsági szelep; 7 – zárófedél;

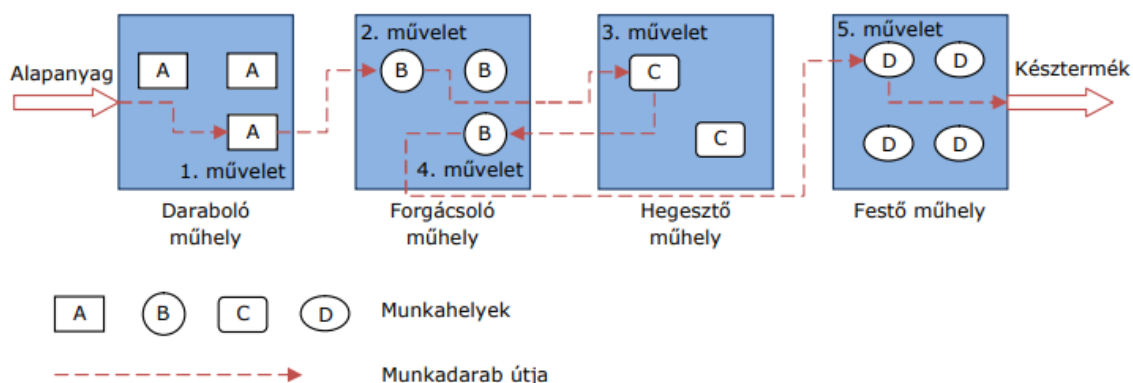
Forrás: Gumiipari kézikönyv [1]

„A kazánokat megfelelő segédberendezésekkel (emelő-, vonó-, vagy tolóberendezéssel) egészítik ki, melyek részben a fedél nyitását és zárását, részben a vulkanizálandó termék ki-, és behelyezését teszik lehetővé.” [1] Tehát mint minden más iparág esetében, a gumiiparnak is fontos szerepet kap a logisztika tudománya.

A logisztika sokkal több, mint egyszerű szállítás és raktározás. Bizonyos esetekben már az alapanyag kitermelésének a megszervezése is ide tartozik, ezenkívül a logisztika a cégek közötti külső, valamint komplett belső áruszállítást, anyagmozgatást, raktározást, rakodást, anyagellátást, áruelosztást és hulladékkezelést is magában foglalja [2].

A vállalati logisztikában az anyag- és információáramlás egyik fontos állomása a termelés, azaz a tulajdonképpeni használati értéknek az előállítás folyamata. A termelés logisztikai szempontból tehát egy olyan anyagáramlási folyamatnak tekinthető, amelynek során az anyag átalakulása is bekövetkezik. Ez az átalakítási folyamat olyan tulajdonságokkal rendelkezik, ami sajátos irányítási formákat eredményez [3].

A Hübner-H Kft.-nél az egyes munkaállomások technológiailag lettek csoportosítva. „A technológiai csoportosítás során az azonos technológiával dolgozó munkahelyek kerülnek összevonásra, az így kialakult termelési rendszerek az úgynevezett műhely-rendszerű termelési rendszerek.” [3] A vállalatnál a 3. ábrán látható műhely-rendszerű termelést olyan módon alakították ki, hogy az anyagáramlás teljesen egyirányú, az egyes területek a műveleti sorrend szerint követik egymást.



3. ábra. Műhely rendszerű termelési rendszer
Forrás: Logisztika – Ellátási lánc [3]

A vállalaton belül történő anyagmozgatás lehet:

- termelő részlegek közötti,
- termelő részlegeken belüli (munkahelyek közötti) anyagmozgatás,
- munkahelyi anyagmozgatás [4].

A termelő részlegek közötti anyagmozgatást jellemzően targoncákkal végezzük. A termelő részlegeken belüli anyagmozgatás történhet targoncával, híddaruval, gyalogkísérővel

targoncával, szállítókocsival, vagy kisebb terhek esetén kézi erővel. A munkahelyi anyagmozgatást többnyire kézzel vagy békával végezzük. A dolgozatomban vizsgált gép egy speciális eset, a munkaállomáson belül nagy tömeget kell megmozgatni, ez kézi erővel nem biztonságos, ezért ezt a folyamatot gépesítették és kialakítottak egy láncos szállítópályát.

Szinte minden, autoklávot használó gumiipari vállalatnál található láncos szállítópálya, vagy egyéb, a vulkanizáló kazán megtöltésére szolgáló anyagmozgató eszköz, ezek mind egyedileg tervezett és kivitelezett gépek, mert a termékpaletta, a rendelkezésre álló hely és az alkalmazott gyártástechnológiák vállalatonként eltérőek.

A Hübner-H Kft.-nél használt anyagmozgató berendezés is egy ilyen, kifejezetten a cég igényeinek megfelelően kialakított gép, melyet 2010-ben terveztek. A piaci viszonyok változása, valamint a vállalat dinamikus fejlődése magával hozta a termelési rendszer átszerveződését, a termékpaletta változását, ezáltal a korábban tökéletesnek bizonyult gépet fokozatosan elavulttá téve.

Dolgozatomban ezt az anyagmozgató berendezést kívánom módosítani oly módon, hogy az a jövőben biztonságosan kielégítse a vállalat igényeit, mindezt alacsony költségek és kismértékű módosítás mellett, biztosítva a konstrukció egyszerűségének megtartását.

„A gyártmánytervezés tulajdonképpen a gyártmány dokumentáció (különbféle rajzok, darabjegyzékek, gépkönyvek, stb.) kidolgozásával valósul meg.” [5]

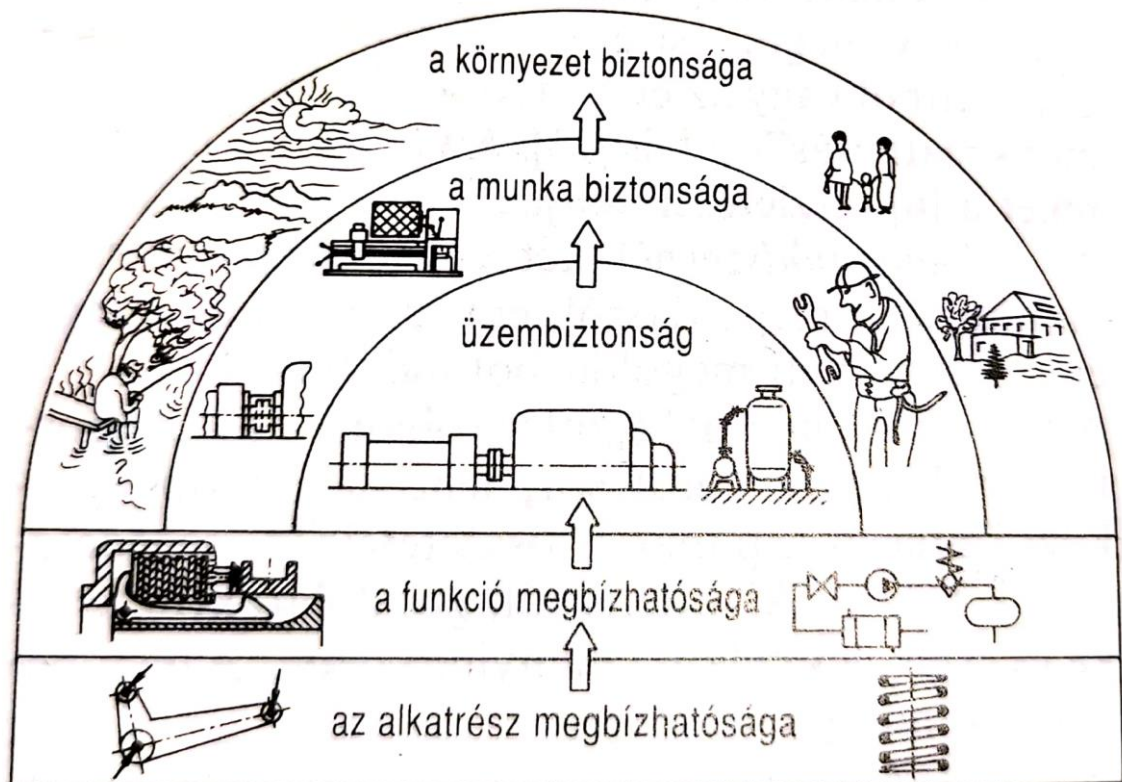
A gyártmány teljes költségének csupán 10%-a konstrukciós tervezés, de jelentősen befolyásolja a gyártás költségeit is, hiszen itt dől el az anyagválasztás, az alkatrész alakja, geometriáját jellemző méret, tűrés, és felületminőség is [5].

Ugyan a feladat egy meglévő konstrukció átdolgozása, ugyanúgy vonatkoznak rá a konstrukciós tervezés alapelvei. *„Az alábbi alapszabályok,*

- *egyértelműség,*
- *egyszerűség és*
- *biztonság*

a műszaki funkció egyértelmű teljesítéséhez, annak gazdaságos megvalósításához és az ember és a környezet biztonságához vezetnek.

Az egyértelműség figyelembevétele segít a szerkezetek hatásának és viselkedésének a megbízható előrejelzésében. Az egyszerűség általában gazdaságos megoldást ad. A biztonsággal szembeni igény következetes kialakításra kényszerít a tartósság, a megbízhatóság és a környezetvédelem tekintetében. Ennek során a konstruktőrnek rendelkezésre állnak a közvetlen biztonság elvei („biztonságos létezés”, „korlátozott meghibásodás”, „tartalékkal kialakított elrendezés”) és a közvetett biztonságtechnika elvei (védőrendszerek, védőberendezések).” [6] A 4. ábra a biztonság lényeges területeit szemlélteti.



4. ábra. A biztonság tartományai
Forrás: Hütte [6]

A biztonságos létezés (safe-life-magatartás) elve biztosítja, hogy a termékben található összes alkatrész a tervezett igénybevételt és üzemidőt meghibásodás nélkül teljesíti [6].

A korlátozott meghibásodás (fail-safe-magatartás) elve ugyan megenged az alkalmazási idő alatt üzemzavart vagy meghibásodást, de csak oly módon, hogy az súlyos következményekkel nem járhat [6].

A tartalékkal kialakított (redundás) elrendezés növeli a biztonságot, mivel a rendszerben lévő tartalék elemek „normál” alkatrészek meghibásodása esetén teljesen vagy részben átveszik azok feladatát [6].

Ezen tervezési elvek, valamint a rajzi szabályok [7], az egyes gépelemek ábrázolási módjának [8], valamint a gazdaságosságot, gyárthatóságot és megfelelő illesztések kialakítását szem előtt tartó törekedések és illesztések [9] segítségével már elkészíthetővé válik a kereskedelmi forgalomban nem kapható alkatrészek műhelyrajza.

„A műhelyrajzon levő gyártási információk – követelmények, amelyeket a gyártás során teljesíteni kell – három csoportba sorolhatók az alábbiak szerint:

- az alakra vonatkozó információk közlése egyrészt a megfelelő nézeti és metszeti képek formájában, másrészt alaktűrések (egyenesség, síklapúság, körkörösség, hengeresség, stb.) megadásával történik;*
- a méretekre vonatkozó előírások a mérethálózat-, a mérettűrés és helyzettűrések formájában jelentkeznek. A mérettűrést vagy numerikusan, vagy az ISO illesztési rendszer szerint alfanumerikus kód (pl. Ø50 H7) szerint szokás megadni. A helyzettűréseket (párhuzamosság, merőlegesség, egytengelyűség, ütés, tengelyhelyzet, szimmetria, metsződő tengelyek kitérése, stb.) a vonatkozó szabványok szerint írjuk elő;*
- a tulajdonságokra vonatkozó előírások az anyagminőségre-, a hőkezelési állapotra, esetleg a szükséges szakítószilárdságra - és a felületminőségi követelményekre terjednek ki.” [5]*

A tervezés és az ellenőrzések végeztével, az elkészült műhelyrajz segítségével meghatározhatóak az alkatrész legyártásához szükséges szerszámok, szerszámgépek, befogóeszközök és gyártástechnológiák.

A gyártástechnológia, mint fogalom meghatározásához előbb magát a szót kell megvizsgálnunk. A technológia a technikai tudományoknak az a része, amely nyersanyagok sajátosságaival, továbbá azoknak az elveknek, törvényszerűségeknek, eljárásoknak, eszközöknek és gépeknek a vizsgálatával, ismertetésével foglalkozik, amelyek a nyersanyagok átalakításához, feldolgozásához szükségesek a termék létrehozása érdekében. Ha a technológia az anyagok gyári feldolgozására vonatkozik, akkor gyártástechnológiáról beszélünk [5].

2. Jelenlegi konstrukció bírálata

A jelenlegi konstrukció két fő egységre bontható. A kazánkocsi-továbbító rendszer első fő egysége a csigakerekes hajtómű és egy lánchajtás. A lánchajtás hajtóeleme 12B-1 típusú görgős lánc, erre vannak körmök felszerelve. Mikor a hajtómű mozgásba hozza a láncot, az azon található körmök beakadnak a kazánkocsi alján található keresztmervítő rudakba, magukkal tolva ezáltal a kocsit, így biztosítva a haladását. A második fő egység egy áthidaló rész. Ez egy felnyitható része a szerkezetnek, ezáltal közlekedési útvonalat biztosítva a kazánkezelő személyzetnek. A szerkezet ezen részét egy pneumatikus munkahenger nyitja fel és zárja le. Az áthidalóban szintén található egy lánchajtás, ugyanolyan 12B-1-es láncsal és körmökkel, melyek az utolsó egy-másfél méteren mozgatják a kazánkocsit. A szerkezet működése során a következő problémák lépnek fel:

1. A két lánchajtás nem azonos lánckerekeket használ, ezáltal a láncok kerületi sebessége eltér [10]. Ez azt eredményezi, hogy bizonyos üzemidő után a két lánc körmei közötti osztás elkezd megnőni, azok eltávolodnak egymástól a két láncon. Amikor a két lánc már nincsen szinkronban egymással, a körmök nem akadnak be megfelelően a kazánkocsiba, ezáltal egyenlőtlenül oszlik el a terhelés a két lánc között. Mindemellett esetenként a szinkron elvesztése eredményezheti azt is, hogy a körmök megemelik a kazánkocsit, majd átugranak a keresztmervítő rúd alatt, azaz dobálják azt, ami balesetveszélyes.
2. A kazánkocsi a vállalat jelenlegi termékpalettájával akár két tonna tömeget is képviselhet, melynek megmozgatásához a jelenleg használt láncok nem elég erősek. A láncok csapjai hamar elkopnak a túlzott palástnyomás miatt, ami a lánc idő előtti szakadásához vezet [10].
3. Korábban már említettem, hogy a szerkezet alkalmanként dobálja a kazánkocsit. Ez részben annak is a következménye, hogy a tengelyek sem bírnak el ekkora terhelést, az áthidaló szerkezetenél gyakran tapasztalnak görbülést a tengelyeken. A tengelyek elhajlásából adódóan a lánckerék excenteres mozgásba kezd, ami a lánc hullámozását okozza. Ez a jelenség elősegíti a továbbító körmök átugrását.

Jól látható, hogy a jelenlegi mechanizmus nem megfelelő a feladat elvégzésére, annak újratervezése szükséges. A problémákat az alábbi intézkedésekkel szándékozom kiküszöbölni:

- az egész rendszerben egy lánchajtás alkalmazása, ezáltal a szinkronproblémák megszüntetése,

- kétsoros görgős lánc alkalmazása, mely nagyobb teherbírású, de a lánchajtás méreteit nem módosítja túlzottan,
- a tengelyek és csapágyazásuk újratervezése.

Ahogy már korábban is említettem, a tartószerkezetben nem szándékozom jelentős módosítást eszközölni gazdasági megfontolásból, valamint a konstrukció egyszerűségének megőrzése céljából.

A gép módosításához szükséges, kereskedelmi forgalomban nem kapható elemeit a vállalat rendelkezésére álló gépparkkal kívánom előállítani, mérlegelve az előállítási költségeket és a gyártmány bonyolultságát. Amennyiben a cég forgácsoló egységének kapacitása nem engedi meg számunkra, hogy a gyártmányt elkészítsük, a kész gyártástechnológia várhatóan a külső cégtől való megrendelés költségeit is csökkenteni fogja, hiszen a felkért vállalat technológiai tervezésért felelős szakembereinek munkáját nem kell igénybe vennünk.

3. Konstruktíós tervezés

3.1 Lánchajtás tervezése

A konstrukcióhoz az ISO 606 szabvány szerinti görgős hajtóláncok közül szerettem volna láncot választani, mivel ezeket könnyen be lehet szerezni. A számítási eredményeket igen sok tényező befolyásolhatja, ezért hamar rá kellett jönnöm, hogy a hagyományos számítási módszerek sok időt emésztene fel, amennyiben több alternatívát is meg kell vizsgálnom. Éppen ezért létrehoztam egy Excel táblázatot, amely a számításhoz szükséges alapadatok bevitele után azonnal megjeleníti a számomra szükséges információkat. A számítások elvégzéséhez Gépszerkezetek Méretezési Zsebkönyvét [10] és az iwis által kiadott láncszámítási segédletet [11] alkalmaztam.

A hajtás méretezésénél figyelembe kell venni az alábbi erőátviteli eszközök hatásfokát:

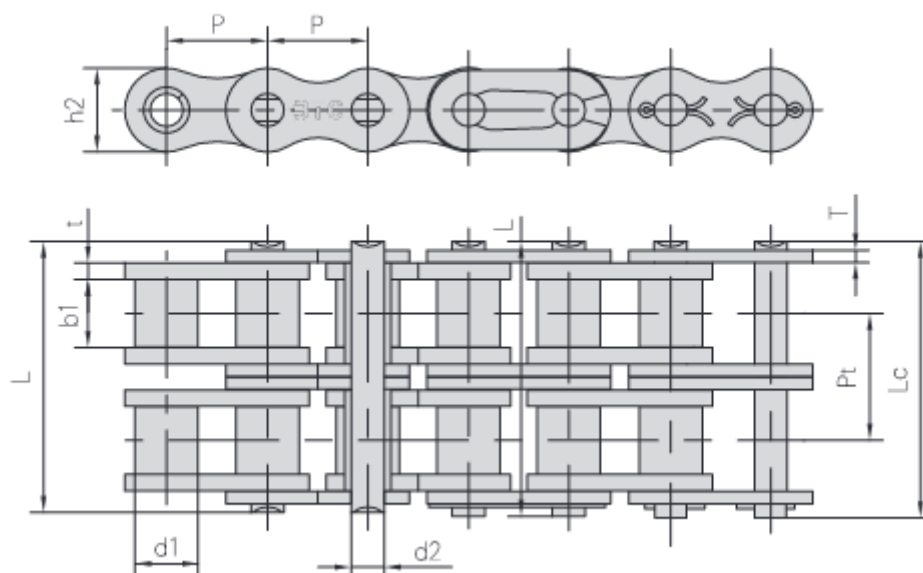
1. táblázat: Erőátviteli eszközök a rendszerben

Megnevezés	Hatásfok
Tengelykapcsoló	0,95
Csigahajtómű	0,8
Csapágyak	0,99
Lánchajtás	0,97

Forrás: Dr. Zsáry Á. Gépelemek I. [12] és II. kötet [13]

A számítások eredményeit az **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** tartalmazza. Az ISO 606 12B-2 jelű görgős lánc számításaim szerint megfelel a feladatra. A lánc kibírja mind a fellépő húzó igénybevételt, mind a csapokra eső palástnyomást, így normál élettartamra számíthatunk használata esetén. A láncra a kazánkocsit mozgató körmöket a WK-2 nevű kiegészítővel lehet felszerelni. Ezen kiegészítő a lánc hagyományos külső hevederét cseréli le egy L profilú, két furattal rendelkező hevederre, így füles láncot hozva létre [14].

A lánc jellemzőit az 5. ábra és az 2. táblázat tartalmazzák. A WK-2 kiegészítő jellemzőit a 6. ábra és 3. táblázat tartalmazzák.



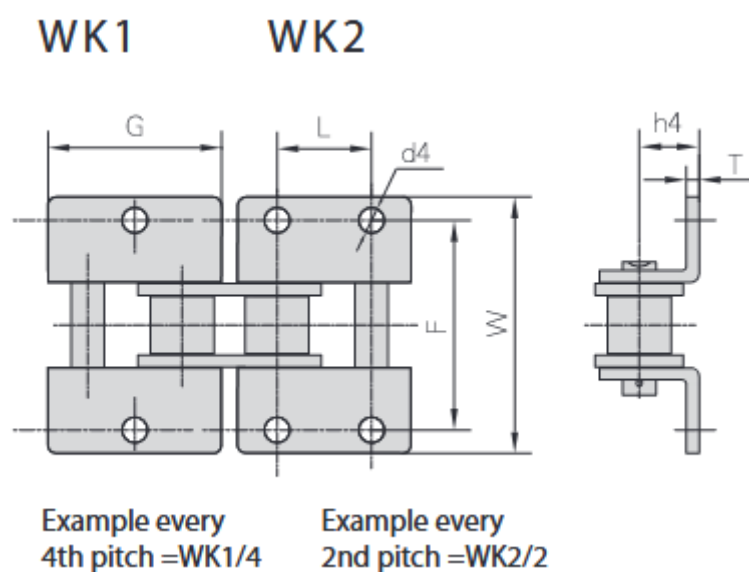
5. ábra. ISO 606 szerinti kétsoros görgős lánc jellemző méretei

Forrás: Bogaert Transmission katalógus [14]

2. táblázat: A választott lánc jellemző méretei

ISO Ref.	Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin lenght		Inner plate depth	Plate thickness	Transverse pitch	Ultimate tensile strenght	Average tensile strenght	Weight per meter
	P	d_1 max	b_1 min	d_2 max	L max	L_c max	h_2 max	t/T max	P_t	Q_{min}	Q_0	q
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	kg/m
12B-2	19.05	12.07	11.68	5.72	52	43.6	16	1.85	19.46	57.8	66.1	2.31

Forrás: Bogaert Transmission katalógus [15]



6. ábra. A WK-2 kiegészítő jellemző méretei

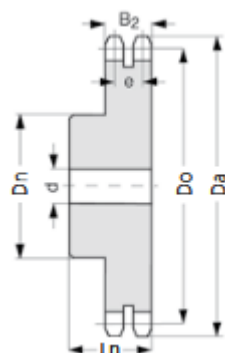
Forrás: Bogaert Transmission Katalógus [15]

3. táblázat: A WK-2 kiegészítő mérettáblázata

ISO Ref.	P	G	L	F	W	T	h₄	d₄
	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>	<i>mm</i>
12B	19.05	34.05	19.05	38.1	52.4	1.85	13.46	6.4

Forrás: Bogaert Transmission katalógus [15]

A lánckerek jellemzőit a 7. ábra és 2. táblázat tartalmazzák.



7. ábra. A választott lánckerék méretei

Forrás: Bogaert Transmission katalógus [15]

4. táblázat: A választott lánckerek mérettáblázata

Z	D₀ Ø mm	D_a Ø mm	D_n Ø mm	L_n mm	d Ø mm	≈ q kg	B₂ mm
16	97.65	105.5	77	50	16	1.76	30

Forrás: Bogaert Transmission katalógus [15]

A kazánkocsi alján lévő keresztmervítők osztása 490 mm. A láncon található körmök osztását úgy kell felvenni, hogy legalább ekkora, vagy nagyobb legyen. Célszerű a körmök osztását láncszemben megadni milliméter helyett, mert így az könnyebben ellenőrizhető szerelésnél. A 2. táblázat alapján a lánc osztása 19,05 mm. Tehát a körmök osztása láncszemekben megadva:

$$P_{\text{köröm}} = \frac{P_{\text{mervítő}}}{P_{\text{láncosztás}}} = \frac{490}{19,05} = 25,7218 \text{ láncszem}$$

Mivel a kiegészítők a külső hevederek helyére kerülnek, így csak minden második láncszemre helyezhetők fel, ezért a kiszámított osztást felfelé kell kerekíteni a legközelebbi páros számra.

Így a körmök osztása láncszemekben megadva: $P_{\text{köröm}} = 26$.

3.2 Tengelyek és csapágysok méretezése

A rendszer üzembiztos működése szükségessé teszi mind a hajtó, mint a hajtott tengely átervezését. A hajtott tengelyen csak a görgős lánc lánckereke található, két oldalt csapágysazott, a hajtó tengelyre a hajtást egy rövid tengelytávolságú, $i = 1$ -es áttételű lánchajtás viszi át. A jelenleg használt hajtó tengelyt a 8. ábra mutatja.



8. ábra. Jelenlegi konstrukció hajtó tengelye

Forrás: Hübner-H Kft.

3.2.1 A biztonsági tényező meghatározása

Az új tengelyeket a jelenlegi tengelyekhez kapcsolódó gépelemek figyelembevételével kell elkészíteni, hogy átalakítás nélkül felszerelhető legyen a jelenlegi konstrukcióra. A tengelyek konstrukciós tervezését Autodesk Inventorban, ellenőrzésüket pedig hagyományos számításokkal végeztem.

A tengely alapanyagának egy olyan acélt szerettem volna használni, melynek megmunkálása nem jelent különösebb kihívást, beszerzése egyszerű, ám mégis megfelelő anyagjellemzőkkel rendelkezik a feladat ellátásához. Választásom egy C45-ös, általános rendeltetésű, ötvözetlen szerkezeti acélra esett.

A biztonsági tényező meghatározásához figyelembe kell venni a szerkezet üzemeltetési körülményeit. A legfontosabb tényező, hogy a munkavállalók testi épségét nem veszélyezteti-e a gép üzemelése. Mivel a gép üzem közben teljes takarásban van egy nagy tömegű kazánkocsi által, burkolt rendszernek tekinthetjük, ezáltal az esetleges üzemzavarok nem veszélyeztetnek emberéletet. Az anyagmozgató gép már rendelkezik egy fénykapuval, amely biztosítja a gép azonnali leállítását, amennyiben valaki a biztonságos távolságon belülre lép üzem közben a kezelő személyzeten kívül.

A másik fontos tényező a gép üzemideje. A lánchajtásnak 5 percébe telik a 20 méteres kazánkocsi ki- vagy behordása. Egy nap átlagosan 10 kazánnyitás történik, ami 10 be- és 10 kihordást jelent. Egy ilyen anyagmozgató szerkezet felel a be- és egy a kihordásért, így egy nap a gép üzemideje megközelítőleg 100 perc.

Végül pedig figyelembe kell venni az esetleges meghibásodások okozta anyagi károkat. A legszükségesebb esetben – ami a tengely törését jelenti – a lehetséges keletkező anyagi kár a tengely teljes megsemmisülése, a csapágyazás sérülése, a lánckerék és a lánc sérülése. A kazánban kifűtött, vagy kifűtésre váró termékekben nem keletkezne anyagi kár, mert a kazánkocsi és a rá helyezett tálcák elegendő védelmet nyújtanak azok tartalmának. Mivel a hajtó tengely egyben zsanérként is szolgál az áthidaló résznek, így annak törése esetén az áthidaló rész ugyan leszakadhat, de a munkavállalók egészségét továbbra sem veszélyezteti, mert üzem közben nem tartózkodnak a közelében. Ezen esetben akkor sem történik probléma, ha a kazánkocsi félúton jár, hiszen annak 20 méteres hossza kellő merevséget és alátámasztást biztosít ahhoz, hogy egy 1 méteres szakaszt probléma nélkül áthidaljon alátámasztás nélkül is. Ez alapján a korábban említett közvetlen biztonsági elvek közül a korlátozott meghibásodás elvét kívánom használni gazdasági megfontolásokból [6].

Ezen adatok és tények figyelembevételére alapján a biztonsági tényezőt $n = 1,15$ értékre veszem, hiszen a szerkezet nem veszélyeztet emberéletet és sérülése, megsemmisülése nem járna jelentős anyagi kárral, a szükséges cseredarabok rendelkezésre állása esetén rövid időn belül javítható és újra üzembe helyezhető.

3.2.2 A hajtott tengely megtervezése és ellenőrzése

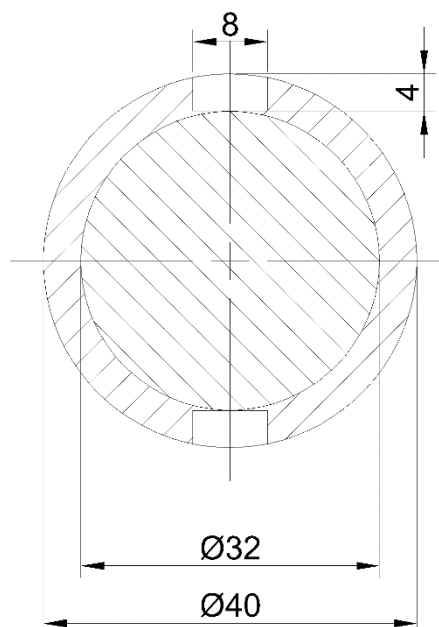
A hajtott tengelyt csak a lánchajtásból eredő erők, terhelik, ezért annak méretezése némileg egyszerűbb feladat. Műszaki rajzát a 2. *melléklet* tartalmazza.

A tengely megtervezése hagyományos módszerekkel történt, ellenőrzése pedig végeselemes módszerrel. A véges elemes módszer alkalmazásával bonyolult, adott körülmények között akár megoldhatatlannak bizonyuló feladatokat egyszerűsítünk le. Az egyszerűsítés alapja, hogy a test geometriáját véges számú kisebb, egyszerűbb alakú elemre bontjuk, így megoldhatóvá válik a probléma. Ekkor a kevesebb, bonyolultabb számítás helyett több egyszerűbb számítást kell elvégeznünk [16].

Hasonlóan a lánchajtás számításához, a hagyományos számítási módszereket itt is egy excel táblázat segítségével automatizáltam, leegyszerűsítve a módosítások alkalmazását. A számítási eredményeket a *1. melléklet* tartalmazza.

Mivel a hajtott tengely nem adja tovább a nyomatékot semmilyen formában, ezért az elcsavarodásra való méretezése szükségtelen [10].

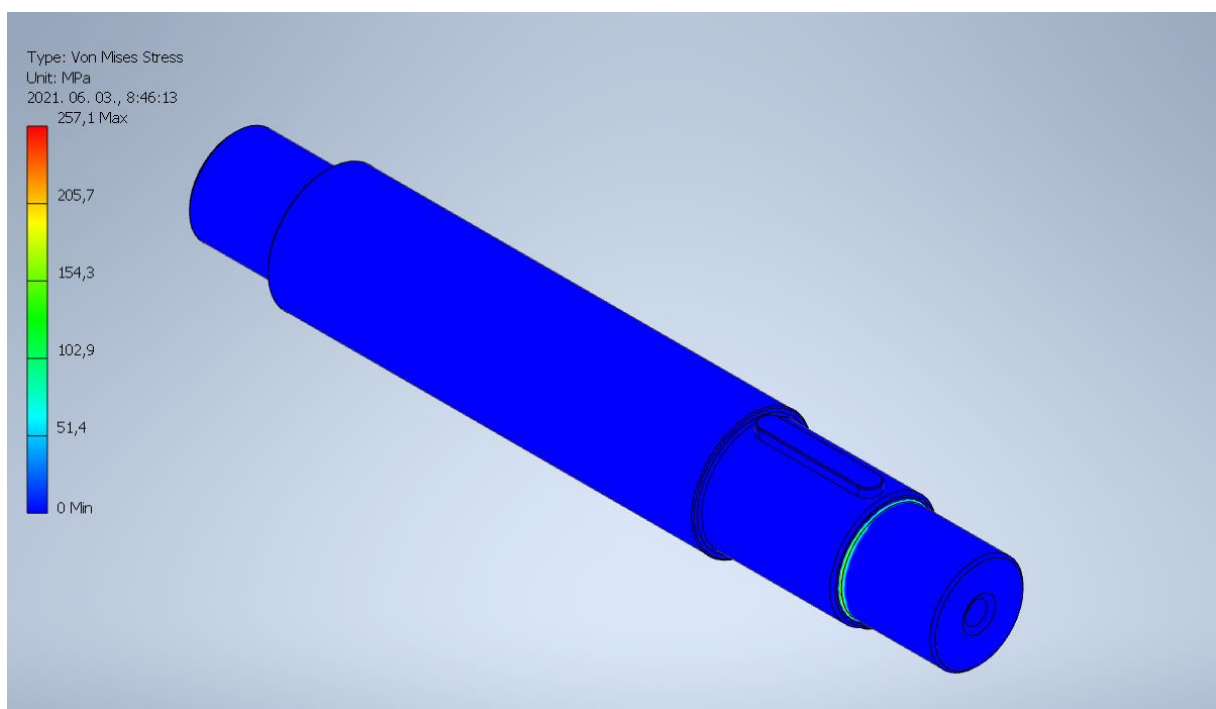
A reteszek méretezésénél az üzemi terhelés miatt a szimmetrikus, két retesz kivitel mellett döntöttem [6]. Kettő darab 8x7-es, egyenként 45 mm hosszú retesz át tudja vinni a nyomatékokat és a reteszhornyokkal gyengített keresztmetszet pedig nagyobb a számított szükséges keresztmetszetnél, ezt a *9. ábra* szemlélteti [10].



9. ábra. A reteszekkel gyengített tengelykeresztmetszet
Forrás: Saját munka

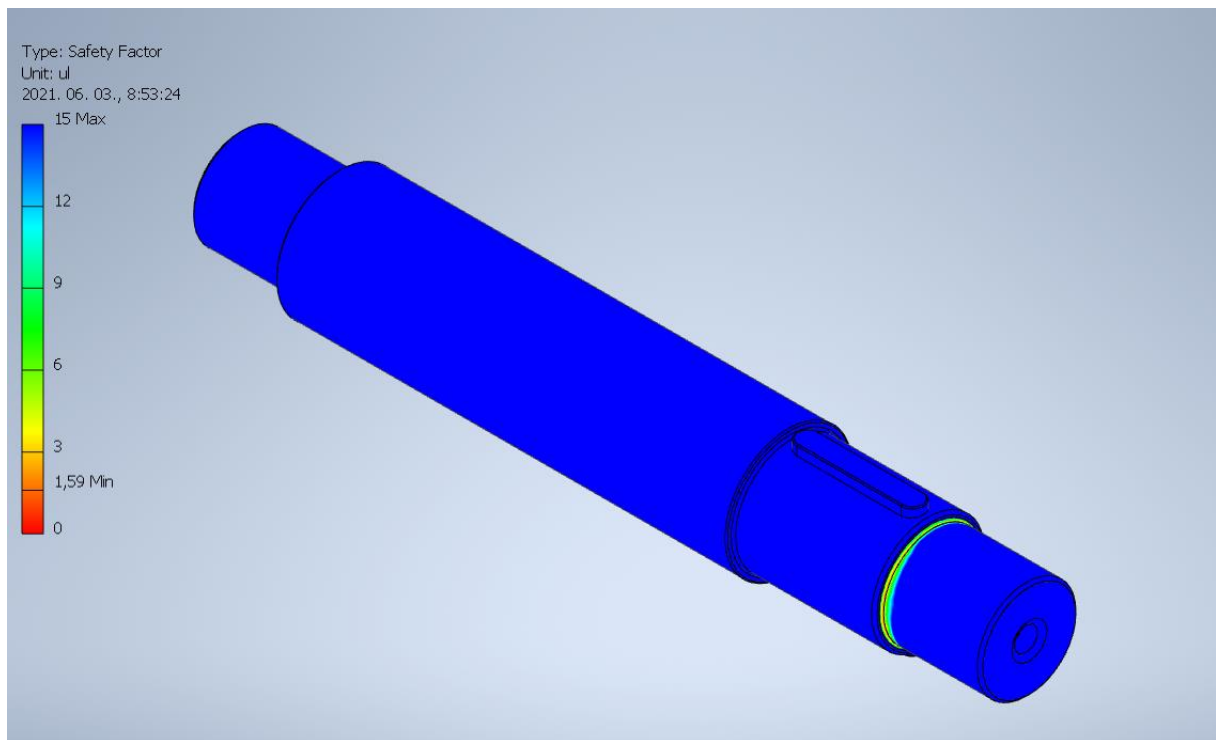
A végelelemes módszerrel történő ellenőrzés megmutatta, hogy a tengely megfelelt. Az üzem közben fellépő $F_m = 16630,69 \text{ N}$ nagyságú tengelyterhelő erőt kibírja, a fellépő maximális feszültség ($R_{max,hajtó} = 257,1 \text{ MPa}$) kisebb, mint az anyag folyáshatára ($R_{p0,2} = 410 \text{ MPa}$), a minimális biztonsági tényező ($n_{hajtott} = 1,59$) pedig nagyobb, mint az előzőekben meghatározott ($n = 1,15$). Ezeket a 10. és 11. ábrán láthatjuk.

Az ellenőrzés során a tengelyt csapágyvállainál „csap” kényszer segítségével rögzítettem, mely gátolja a radiális és axiális elmozdulást, de engedélyezi az elfordulást, majd a lánckerék tengelyvállán elhelyeztem az üzem közben fellépő tengelyhajlító erőt.



10. ábra. A hajtott tengely feszültségei

Forrás: Saját munka

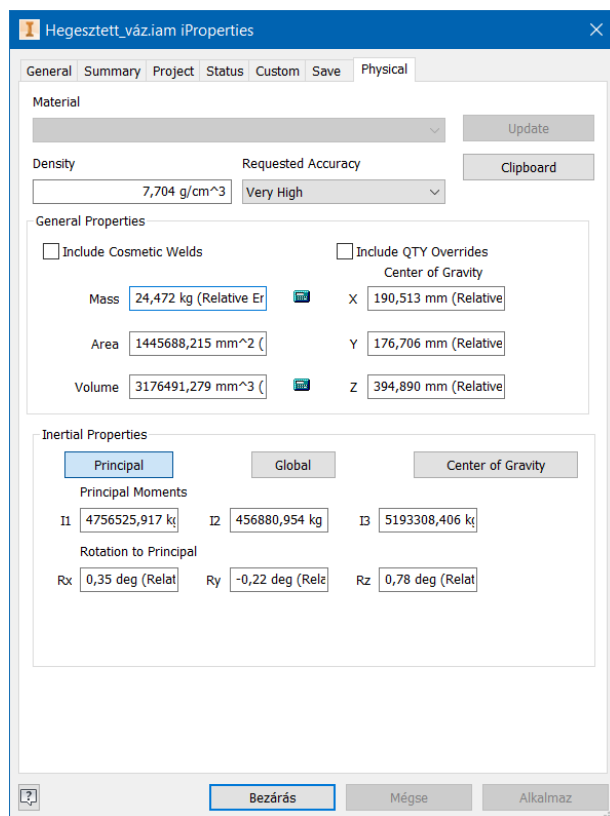


11. ábra. A hajtott tengely biztonságosságának gradiense

Forrás: Saját munka

3.2.3 A hajtó tengely megtervezése és ellenőrzése

A hajtott tengelyt összetett igénybevétel terheli. A két lánckerék közötti szakasz csavarásnak van kitéve, a két lánckerék vállon egymással ellentétes irányba ható tengelyterhelő erők igyekeznek elhajlítani azt. A csapágyvállak belső felét terheli az áthidaló szerkezet tömegéből adódó nyíróerő, a külsőt pedig a szerkezet rögzítéséből adódó reakcióerő. Műszaki rajzát a 2. melléklet tartalmazza. A csapágyvállakat terhelő tömeget a következőképp határoztam meg: Az Autodesk Inventor segítségével a teljes vázszerkezet 3D modelljét megalkottam, annak tömegét így meg tudtam határozni ($m = 24,472 \text{ kg}$). Ez tartalmazza a teljes vázszerkezetet, annak hegesztett kötéseit, a kötőgépelemeket és a hajtott tengelyt összeszerelt állapotban. Ehhez még hozzá kell adni a lánc tömegét, ami $m_{\text{lánc}} = q \cdot L = 2,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 2,91465 \text{ m} = 6,7328 \text{ kg}$, ahol q a lánc métersúlya, L a használt lánc hossza.



12. ábra. A szerkezet fizikai tulajdonságai

Forrás: Saját munka

A tengelyre ez a súlyerő két variációban hat:

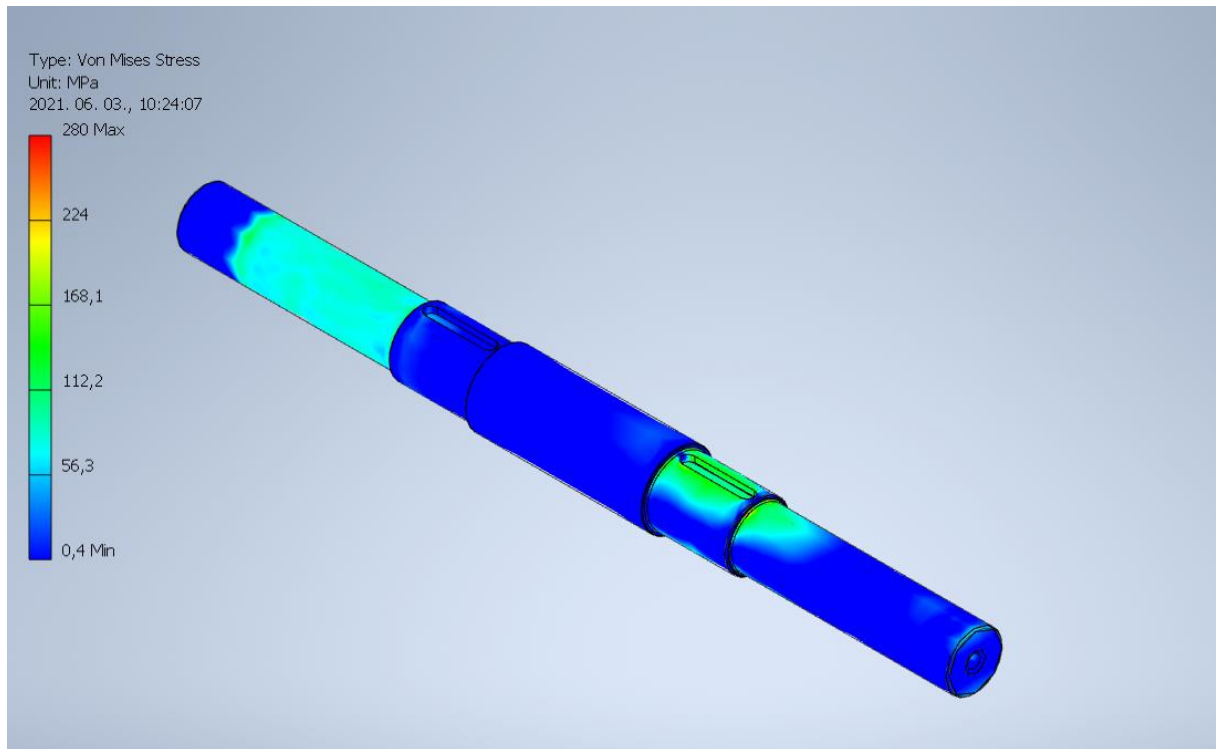
- felnyitott állapotban a teher egy részét a szerkezetet nyitva tartó pneumatikus munkahenger tartja,
- üzem közben a terhet viselő vázszerkezet feltámasztásra kerül a kazán sínrendszerén, eközben a pneumatikus munkahenger továbbra is segít a tartásban.

Ez igen komplex feladattá teszi a valós súlyerő meghatározását, ezért a biztonságosságot szem előtt tartva úgy veszem, hogy a tengely viseli a szerkezet teljes tömegét. Ennek értelmében a súlyerő:

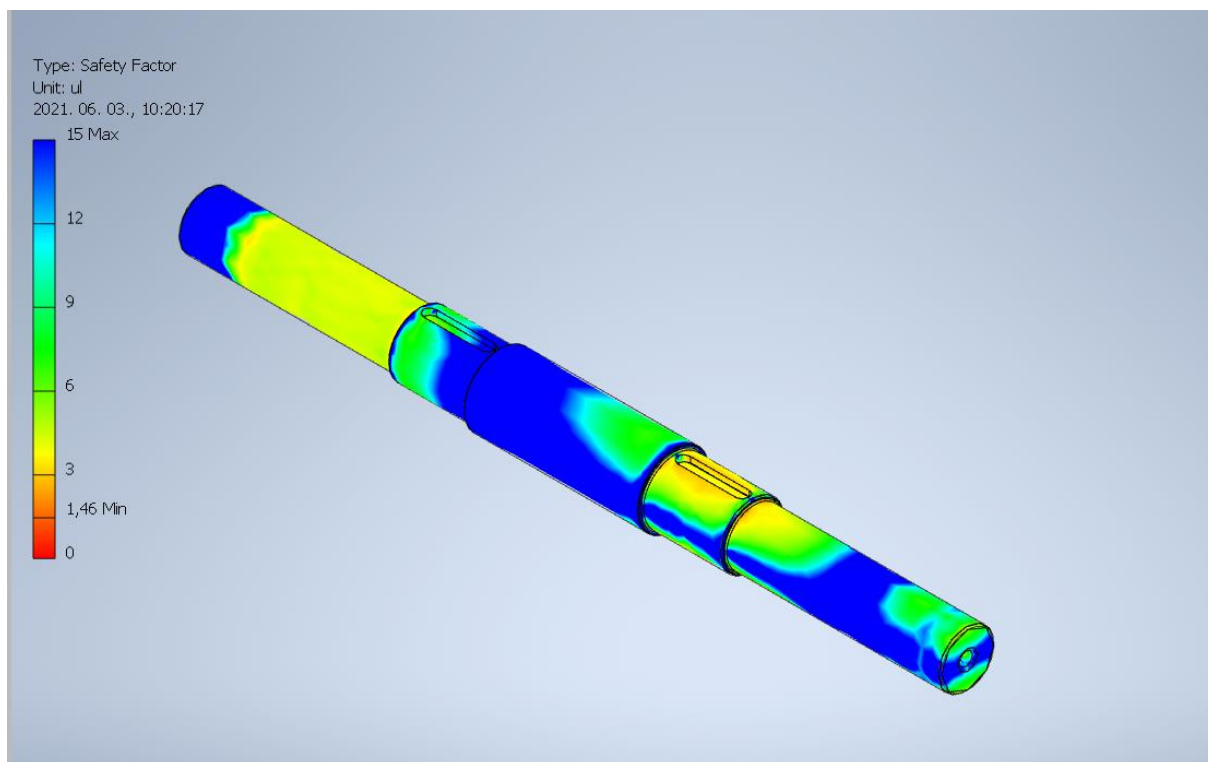
$$F_{súly} = (m + m_{lánc}) \cdot g = (24,472 + 6,7328) \cdot 9,81 = 306,1191 \text{ N}$$

ahol m a szerkezet tömege, $m_{lánc}$ a lánc tömege, g pedig a nehézségi gyorsulás. Ez az erő 1:1 arányban oszlik meg a két csapágyváll között.

A végelelemes módszerrel történő ellenőrzés megmutatta, hogy a tengely megfelelt. A fellépő maximális feszültség ($R_{max,hajtó} = 280 \text{ MPa}$) kisebb, mint az anyag folyáshatára ($R_{p0,2} = 410 \text{ MPa}$), a minimális biztonsági tényező ($n_{hajtott} = 1,46$) pedig nagyobb, mint az előzőekben meghatározott ($n = 1,15$). Ezeket a 13. és 14. ábrán láthatjuk.



13. ábra. A hajtó tengely feszültségei
Forrás: Saját munka



14. ábra. A hajtó tengely biztonságosságának gradiense
Forrás: Saját munka

3.2.4 A csapágyak kiválasztása

A csapágyak kiválasztásánál fontos kitétel volt, hogy a hajtott tengelyen mind a négy csapágy egyforma átmérőjű legyen. Erre szerelhetőségi okokból van szükség, hiszen a hajtó tengely egyben zsanérként is funkcionál, beépítésénél fontos, hogy a csapágyátmérők uniformizáltak legyenek. A csapágyak méretadó terhelését az Autodesk Inventor végelemes vizsgálata segítségével határoztam meg.

A hajtott tengely csapágysai a cserealkatrészek számának redukálása érdekében azonosak a hajtó tengelyével. A legnagyobb fellépő reakcióerő a hajtott tengelyen, a lánckerék mellett közvetlenül elhelyezkedő csapágnál lép fel, $F_r = 16630,7 \text{ N}$.

A csapágyak egyenértékű terhelése az alábbi képlettel számítható:

	$C = F \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}}$	(1)
--	---	-----

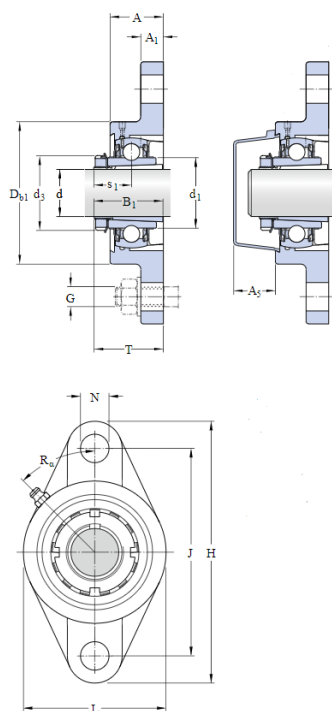
ahol:

- C – az egyenértékű csapágyterhelés,
- F – a csapágyra ható terhelőerő,
- n – a tengely fordulatszáma,
- L_h – az üzemórák száma.

Mint ahogy azt már korábban is említettem, a gép üzemideje megközelítőleg 100 perc naponta. Évi 200 munkanappal számolva ez 333,33 üzemórát jelent. Tekintve az üzemi körülményeket, javaslom a csapágyak évente történő vizsgálatát és öt évente történő cseréjét. Ez alapján 1800 üzemórára méretezem a csapágyak egyenértékű terhelését.

$$C = F \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6}} = 16630,7 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 30,98 \cdot 1800}{10^6}} = 24873,9 \text{ N} = 24,8739 \text{ kN}$$

Ez alapján a választott csapágyam az SKF UKFL 208 K/H ovális csapágyegység, egysoros mélyhornyú golyóscsapággal. Rögzítése kúpos hüvely segítségével történik.



DIMENSIONS

d	35 mm
d ₁	≈ 51.8 mm
A	34 mm
A ₁	14 mm
A ₅	26 mm
B ₁	33.9 mm
D _{b1}	100 mm
H	174.5 mm
J	144 mm
L	100 mm
N	16 mm
T	36 mm

15. ábra. A választott csapágyegység főbb méretei

Forrás: skf.com

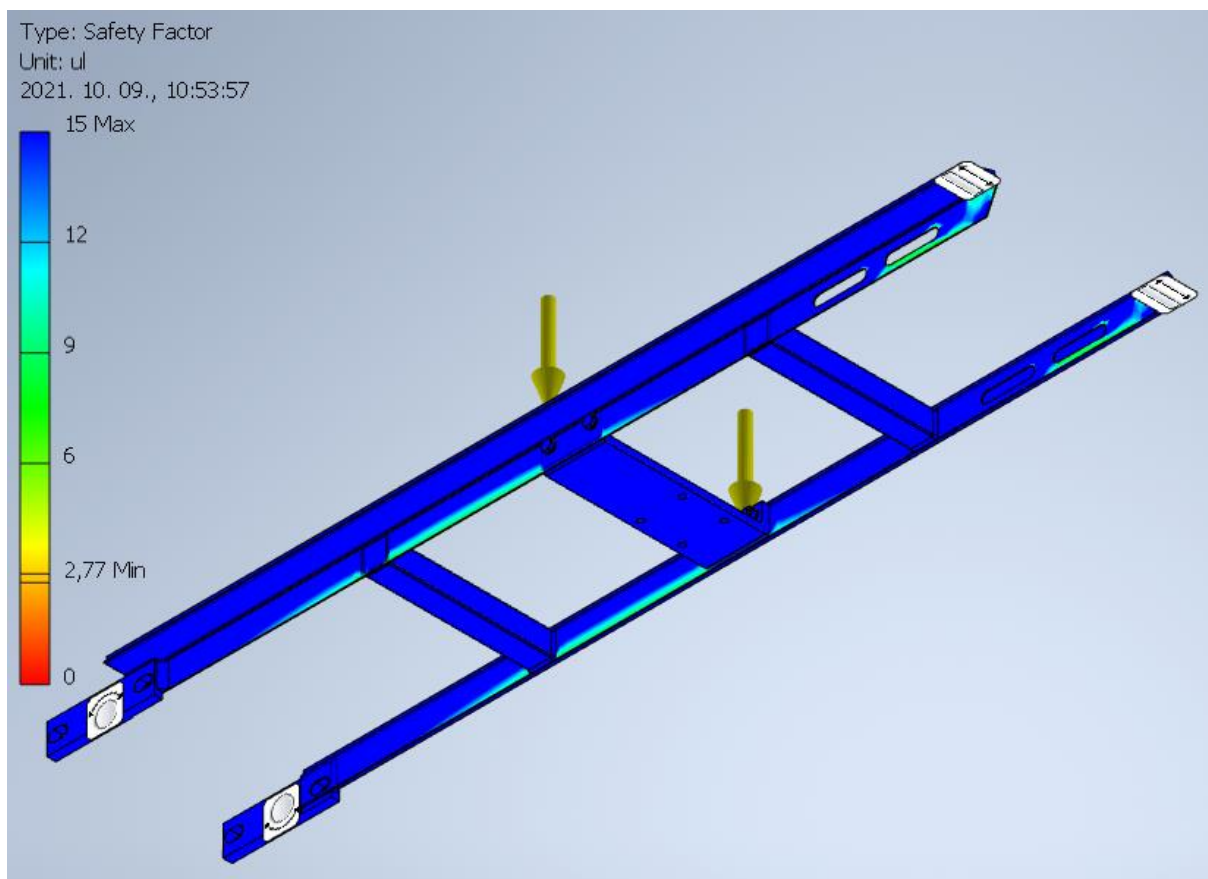
3.3 Tartószerkezet ellenőrzése

A kazánkocsi hossza közel 22 m, ám az áthidaló rész hossza csupán 1,45 m. Ez azt eredményezi, hogy a kocsi tömegének jelentős részét nem a tartószerkezet viseli, hanem a kazánban valamint az üzemben található sínek. A kazánkocsi 22 méteres hosszán összesen 15 pár kerék található, azaz a kerekek osztása 1466,67 mm. Ez azt jelenti, hogy a lánchajtást befogadó szerkezetet egyszerre 2 darab kerék érinti, azaz a kocsi tömegének csak 1/15-öd részét kell elviselnie. A legnagyobb terhelést akkor kapja a szerkezet, amikor a két végén feltámasztott áthidalónak pont a közepénél jár egy kazánkocsi. Az egy sínre eső terhelés a következőképp alakul:

$$F_{súly} = \frac{1}{\text{kerekek száma}} \cdot \text{kocsi tömege} \cdot \text{gravitációs gyorsulással} = \frac{1}{30} \cdot 2000 \cdot 9,81 \\ = 654 \text{ N}$$

A végeselemes vizsgálat során az áthidaló szerkezet zsanér részét PIN típusú kényszerrel rögzítettem, mely gátolja egy kör alakú alak sajátosság radiális irányú elmozdulását, ám a tengelyirányút nem. A kazánban feltámaszkodó felületet FRICTIONLESS típusú kényszerrel rögzítettem, mely gátolja az elmozdulást a felületre merőlegesen. A sínek közepén elhelyeztem egy-egy 654 N nagyságú, lefelé mutató terhelőerőt. A minimális biztonsági tényező $n=2,77$ értékű lett, mely megfelel a korábban meghatározott értéknek. A 16. ábrán látható, hogy a teherviselő elem a síneket hordozó, L profilú idomacél függőleges része.

A konstrukció méreteiből és kialakításából adódóan képes az új lánchajtás befogadására átalakítások nélkül, valamint – ahogy azt az elmúlt évek gyakorlata is mutatta – megfelel az üzemi terheléseknek. Ebből kifolyólag, gazdaságilag előnytelen lenne egy új szerkezet gyártása, vagy a jelenleg használt áthidaló rész bármilyen jellegű módosítása. Ennek ellenére az éves karbantartási ütemtervbe mindenképpen bele kell foglalni a szerkezet alapos vizsgálatát, különösképpen ügyelve a könnyítések és a hegesztések környezetében jelentkező esetleges repedésekre. Ugyanis egy több éve használatban lévő, adott terhet viselő szerkezet módosítása után mindig fennáll annak a veszélye, hogy rendszeres ellenőrzések ellenére is, az évek során folyamatosan degradálódó anyagokból kifolyólag a szerkezet nem képes megfelelően kezelni és elviselni a fellépő terheléseket, melynek korai felfedezése megelőzheti a komolyabb anyagi károk és a balesetek bekövetkezését.



16. ábra. Az áthidaló szerkezet vizsgálata - izometrikus alulnézet
Forrás: Saját munka – Autodesk Inventor

4. Kereskedelmi forgalomban nem kapható alkatrészek gyártástervezése

Az anyagmozgató berendezés áttekintésekor fontos szempont volt a gazdaságosság, éppen ezért igyekeztem úgy megoldani a problémát, hogy a lehető legkevesebb alkatrész készüljön egyedi gyártásban. A feladat végéhez közeledve már látható volt, hogy csupán két alkatrész elkészítésénél lesz szükség a vállalat forgácsoló gépeire: a hajtó és a hajtott tengely elkészítésénél. A tengelyek anyagát úgy választottam meg, hogy jól forgácsolható legyen, műhelyrajzának készítésekor pedig szem előtt tartottam a vállalatnál található géppark képességeit, hogy biztosan legyártható legyen a tengely, de emellett megfeleljen a konstrukciós követelményeknek is. Dolgozatomban a hajtott tengely gyártástervezését végzem el.

4.1 Gyártástervezés hagyományos gépekre

A Hübner-H Kft. hagyományos forgácsológépekből álló gépparkja egy szalagfűrész, egy esztergát, több oszlopos fűrőt, valamint egy marógépet foglal magába. Ezek közül számunkra technológiai szempontból az eszterga és a marógép a fontos. Ezek adatait az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: Az egyetemes megmunkálógépek fő jellemzői

Gép típusa	Gyártó	Modell	Maximális megmunkálható méret	Fordulatszám tartomány	Előtolás tartomány
Egyetemes eszterga	Bickenbach	LZ20x1000	Ø419x1000 mm	20-2000 min ⁻¹	0,5-7 mm/rev
Egyetemes NC marógép	Avia	FNE 40P	400x800x500 mm	0-4000 min ⁻¹	0-2 m/min

Forrás: Gépek adattáblái

A hajtott tengely hossza rövidebb, mint a hajtó tengelyé. A zömökebb tengely rövidebb tengelyvállai nem igényelnek különösebb megtámasztást. A tűréseket figyelembe véve a gyártáshoz nem szükséges különleges megmunkálási mód, hagyományos esztergán elérhetőek a kívánt felületminőségek. Ugyan a megmunkálás során a tengely méretei nem feltétlenül indokolják a központfurat készítését és a csúccsal történő megtámasztást, azonban ez a megoldás mindenképpen előnyös a tengely pontosságának biztosítása érdekében.

A műveleti sorrendterv a következőképp alakul:

1. Darabolás
 1. befogás
 2. darabolás méretre
2. Esztergálás
 1. befogás
 2. oldalazás tisztára
 3. központfurat elkészítése
 4. lánckerék váll kialakítása
 5. csapágyváll kialakítása
 6. fordítás
 7. oldalazás méretre
 8. központfurat elkészítése
 9. csapágyváll kialakítása
3. Marás
 1. befogás
 2. reteszhorony kialakítása
 3. fordítás
 4. reteszhorony kialakítása
4. Végellenőrzés
 1. méretek ellenőrzése
 2. felületi minőségek ellenőrzése

Mivel a legnagyobb átmérőjű tengelyváll mérete nem lényeges, ezért az előgyártmány egy 45 mm átmérőjű, melegen hengerelt köracél lesz, így az egyik átmérő megmunkálása nem szükséges, ezáltal csökkenthetőek a megmunkálási idők. Tekintve, hogy ez egy kis darabszámú gyártás lesz, készülékek tervezése nem szükséges és nem gazdaságos. A reteszhoronyok kialakításához elegendő egy osztófej használata.

A Műszaki táblázatok [17] 12.3. táblázata szerint a ráhagyás ajánlott értéke homlokfelületek megmunkálásakor a 30 és 50 mm közötti átmérőtartományban 1 mm. Tekintve, hogy homlokfelületről van szó, ennek megközelítőleg a felét megengedhetjük simítási ráhagyásként. Ez oldalanként 1,5 mm ráhagyást jelent a darabolásnál, ami összesen 6 mm. A munkadarab teljes hossza 280 mm. Tekintve darabolás technológiájából adódó felületminőséget, az elérni

kívánt felületminőséget és méretpontosságot, biztonsággal kijelenthető, hogy amennyiben a munkadarab darabolási hossza 286 mm helyett 290 mm-re lesz meghatározva, a darabszámra vetítve nem növeli meg jelentősen a gyártási költségeket, azonban teljes biztonsággal elkészíthető belőle a kívánt méretű tengely.

A tengely gyártásakor a lánckerékváll kialakítása a legnagyobb teljesítményigényű esztergálási művelet, valamint a reteszhornyok elkészítése a legnagyobb teljesítményigényű marási művelet. Hogy megbizonyosodjak arról, a rendelkezésre álló gépek képesek-e a feladat elvégzésére, ezen műveletek számításait a hagyományos módon végeztem el. A többi művelet számításait a Sandvik ToolGuide nevű szoftvere segítségével végeztem, mely nem csak az ideális szerszámra tesz javaslatot egy adott művelet elvégzéséhez, hanem a megfelelő gyártási paramétereket, a gyártási időket valamint a szerszámok várható élettartamát is megmutatja.

Esztergálás – Lánckerékváll kialakítása

A Sandvik ToolGuide segítségével kiválasztottam a nagyolási művelethez legmegfelelőbb szerszámot, mely egy DCLNR 2525M 19, T-Max P befogórendszerű esztergakésből és egy CNMG 19 06 08-PR 4425 jelű keményfém lapkából áll. Mindemellett a Sandvik kalkulátora alapján, az általa ajánlott $v_c = 371 \frac{m}{min}$ -es forgácsolósebességgel a szerszám képes egy fogásban kialakítani a kívánt felületminőséget és méretet. Sajnos azonban ez nem kivitelezhető, mert a szerszám gép maximális fordulatszáma nem engedi meg az ajánlott forgácsolási sebesség használatát, ezért a megmunkálást két fogásra bontom. A nagyoló megmunkálás során az összesen 5 mm ráhagyásból 4 mm-t kívánok eltávolítani. A nagyolás paraméterei a következők szerint alakulnak:

$d_0 = 45 \text{ mm}$ – Kiinduló átmérő

$d_1 = 41 \text{ mm}$ – Végátmérő

$a_p = \frac{d_0 - d_1}{2} = \frac{45 - 41}{2} = 2 \text{ mm}$ – Fogásmélység

$n_{be} = 2000 \frac{1}{min}$ – A gépen beállított fordulatszám

$v_c = \frac{d_0 \cdot \pi \cdot n_{be}}{1000} = \frac{45 \cdot \pi \cdot 2000}{1000} = 282,7433 \frac{m}{min}$ – A forgácsoló sebesség

$f = 0,21 \text{ mm}/ford$ – Az előtolás

$k_{c1.1} = 1500 \text{ MPa}$ – Az anyagra jellemző fajlagos forgácsolási ellenállás

$\gamma = 22^\circ$ – A lapka homlokszöge

$K_k = 1,3$ – Szerszámkopás korrekció

$K_s = 1$ – Szerszám anyag korrekció

$K_a = 1$ – Alak korrekció

$z = 0,25$ – A forgácsvastagság hatványkitevője

$\kappa_r = 90^\circ$ – A szerszám forgácsoló élszöge

Homlokszög korrekció:

$$K_\gamma = \frac{109 - 1,5\gamma}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot (22^\circ - 6^\circ)}{100} = 0,85$$

Ahol a 6° -os homlokszög csökkenést a szerszám -6° -os terelőszöge okozza.

Forgácsoló sebesség korrekció:

$$K_v = \left(\frac{100}{v_c}\right)^{0,1} = \left(\frac{100}{282,7433}\right)^{0,1} = 0,9013$$

Forgácsvastagság:

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,21 \cdot \sin 95^\circ = 0,2092 \text{ mm}$$

A megmunkálásra jellemző fajlagos forgácsolóerő:

$$k_c = k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_a = 1500 \cdot 0,2092^{-0,25} \cdot 0,85 \cdot 0,9013 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 = 2208,9327 \text{ MPa}$$

A főforgácsoló erő:

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f = 2208,9327 \cdot 2 \cdot 0,21 = 927,7517 \text{ N}$$

A forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 1000} = \frac{927,7517 \cdot 282,7433}{60 \cdot 1000} = 4,37 \text{ kW}$$

A szükséges motorteljesítmény:

$$P_m = \frac{P_c}{\eta} = \frac{4,37}{0,8} = 5,46 \text{ kW}$$

Mivel a szerszámgép maximális teljesítménye 5,62 kW, így a megmunkálás elvégzésére alkalmas.

A simítási műveletnél az alábbi adatok változnak:

$d_0 = 41 \text{ mm}$ – Kiinduló átmérő

$d_1 = 40 \text{ mm}$ – Végátmérő

$a_p = \frac{d_0 - d_1}{2} = \frac{41 - 40}{2} = 0,5 \text{ mm}$ – Fogásmélység

$v_c = \frac{d_0 \cdot \pi \cdot n_{be}}{1000} = \frac{41 \cdot \pi \cdot 2000}{1000} = 257,6106 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ – A forgácsoló sebesség

$f = 0,10 \text{ mm/ford}$ – Az előtolás

Ez alapján a forgácsvastagság:

$$h = f \cdot \sin \kappa_r = 0,1 \cdot \sin 95^\circ = 0,0996 \text{ mm}$$

Forgácsoló sebesség kollekció:

$$K_v = \left(\frac{100}{v_c} \right)^{0,1} = \left(\frac{100}{257,6106} \right)^{0,1} = 0,9097$$

A megmunkálásra jellemző fajlagos forgácsolóerő:

$$\begin{aligned} k_c &= k_{c1.1} \cdot h^{-z} \cdot K_\gamma \cdot K_v \cdot K_k \cdot K_s \cdot K_a = 1500 \cdot 0,0996^{-0,25} \cdot 0,85 \cdot 0,9097 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \\ &= 2684,0271 \text{ MPa} \end{aligned}$$

A főforgácsoló erő:

$$F_c = k_c \cdot a_p \cdot f = 2684,0271 \cdot 0,5 \cdot 0,10 = 134,2014 \text{ N}$$

A forgácsolási teljesítmény:

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 1000} = \frac{134,2014 \cdot 257,6106}{60 \cdot 1000} = 0,57 \text{ kW}$$

A szükséges motorteljesítmény:

$$P_m = \frac{P_c}{\eta} = \frac{0,57}{0,8} = 0,7125 \text{ kW}$$

A nagyolás gépi főideje:

A ráfutás - $Y_1 = 5 \text{ mm}$

A túlfutás - $Y_2 = 0 \text{ mm}$

A megmunkálási hossz - $L = 110 \text{ mm}$

$$tg = \frac{Y_1 + L + Y_2}{n \cdot f} = \frac{5 + 110 + 0}{2000 \cdot 0,21} = 0,2738 \text{ perc}$$

A simítás gépi főideje:

$$tg = \frac{Y_1 + L + Y_2}{n \cdot f} = \frac{5 + 110 + 0}{2000 \cdot 0,1} = 0,575 \text{ perc}$$

Marás – Reteszhorony kialakítása

A hornyok elkészítése során három fogásra lesz szükség, ebből kettő nagyoló, egy pedig simító. Az első két fogás összesen 3,5 mm anyagvastagságot távolít el, a simító fogás pedig 0,5 mm-t, így alakul ki a horony 4 mm-es mélysége. A választott szerszám egy Sandvik CoroMill Plura tömör keményfém ujjmaró (2F342-0800-050-PC 1730). A szerszám jellemzői a következők:

Szerszám átmérő - $d_{sz} = 8 \text{ mm}$

Maximális fogásmélység - $a_{pmax} = 18 \text{ mm}$

Ajánlott forgácsolási sebesség nagyoláshoz - $v_{cr} = 195 \text{ m/min}$

Ajánlott forgácsolási sebesség simításhoz - $v_{cf} = 248 \text{ m/min}$

Ajánlott fogankénti előtolás nagyoláshoz - $f_{zr} = 0,11 \text{ mm/fog}$

Ajánlott fogankénti előtolás simításhoz - $f_{zf} = 0,04 \text{ mm/fog}$

A fogak száma - $z = 5$

A homlokszög - $\gamma = 10,5^\circ$

A horony méretei [18]:

Mélység: $4_{-0,2}^0 \text{ mm}$

Szélesség: $8N9 = 8_{-0,036}^0 \text{ mm}$

Hosszúság: $45 \pm 0,15 \text{ mm}$

A nagyoló megmunkálások során a fogásmélység:

$$a_{pr} = \frac{\text{nagyolási ráhagyás}}{\text{fogások száma}} = \frac{3,5}{2} = 1,75 \text{ mm}$$

A megmunkálások során beállítandó fordulatszám:

$$n_r = \frac{v_{cr} \cdot 1000}{d_{sz} \cdot \pi} = \frac{195 \cdot 1000}{8 \cdot \pi} = 7758,80 \frac{1}{\text{min}}$$

$$n_f = \frac{v_{cf} \cdot 1000}{d_{sz} \cdot \pi} = \frac{248 \cdot 1000}{8 \cdot \pi} = 9867 \frac{1}{\text{min}}$$

A gépen beállítható maximális fordulatszám 4000 1/min, tehát a fordulatszámokat az alábbi értékekre választom:

Nagyolásnál a beállított fordulatszám: $n_{rbe} = 3500 \frac{1}{\text{min}}$

Simításnál a beállított fordulatszám: $n_{fbe} = 4000 \frac{1}{\text{min}}$

Ez alapján a forgácsolási sebességek:

$$v_{cr} = \frac{d_{sz} \cdot \pi \cdot n_{rbe}}{1000} = 87,9646 \text{ m/min}$$

$$v_{cf} = \frac{d_{sz} \cdot \pi \cdot n_{fbe}}{1000} = 100,531 \text{ m/min}$$

Ezen értékekkel az előtolások a következőképp alakulnak:

$$v_{fr} = f_{zr} \cdot z \cdot n_{rbe} = 0,11 \cdot 5 \cdot 3500 = 1925 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 1,925 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$v_{ff} = f_{zf} \cdot z \cdot n_{fbe} = 0,04 \cdot 5 \cdot 4000 = 800 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = 0,8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Az teljesítmény alakulása nagyolásnál:

$$b_w = d_{sz} = 8 \text{ mm}$$

$$\bar{h} = f_z \cdot \frac{2}{\pi} = 0,11 \cdot \frac{2}{\pi} = 0,07 \text{ mm}$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot \bar{h}^{-z} \cdot k_\gamma \cdot k_v \cdot k_s \cdot k_k$$

$$k_s = 1$$

$$k_k = 1,3$$

$$k_\gamma = \frac{109 - 1,5 \cdot \gamma}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot 10,5}{100} = 0,9325$$

$$k_v = \left(\frac{100}{87,9646} \right)^{0,1} = 1,0129$$

$$k_c = 1500 \cdot 0,07^{-0,25} \cdot 0,9325 \cdot 1,0129 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 3580,7625 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{c1} = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h} = 3580,7625 \cdot 8 \cdot 0,07 = 2005,2269 \text{ N}$$

$$\Psi = \frac{180}{90} = 2$$

$$\bar{F}_c = \Psi \cdot F_{c1} = 2 \cdot 2005,2269 = 4010,4539 \text{ N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{4010,4539 \cdot 87,9646}{60 \cdot 10^3} = 5,8796 \text{ kW}$$

$$P_{\ddot{o}} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{5,8796}{0,8} = 7,3495 \text{ kW}$$

Mivel a szerszámgép motorteljesítménye 9,6 kW, a nagyolási művelet teljesítményigényét ki tudja elégíteni.

Az teljesítmény alakulása simításnál:

$$b_w = d_{sz} = 8 \text{ mm}$$

$$\bar{h} = f_z \cdot \frac{2}{\pi} = 0,04 \cdot \frac{2}{\pi} = 0,0255 \text{ mm}$$

$$k_c = k_{c1.1} \cdot \bar{h}^{-z} \cdot k_\gamma \cdot k_v \cdot k_s \cdot k_k$$

$$k_s = 1$$

$$k_k = 1,3$$

$$k_\gamma = \frac{109 - 1,5 \cdot \gamma}{100} = \frac{109 - 1,5 \cdot 10,5}{100} = 0,9325$$

$$k_v = \left(\frac{100}{100,531} \right)^{0,1} = 0,9995$$

$$k_c = 1500 \cdot 0,0255^{-0,25} \cdot 0,9325 \cdot 0,9995 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,3 = 4548,1126 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{c1} = k_c \cdot b_w \cdot \bar{h} = 4548,1126 \cdot 8 \cdot 0,0255 = 927,8149 \text{ N}$$

$$\Psi = \frac{180}{90} = 2$$

$$\bar{F}_c = \Psi \cdot F_{c1} = 2 \cdot 927,8149 = 1855,6299 \text{ N}$$

$$P_c = \frac{F_c \cdot v_c}{60 \cdot 10^3} = \frac{1855,6299 \cdot 100,531}{60 \cdot 10^3} = 3,1091 \text{ kW}$$

$$P_{\ddot{o}} = \frac{P_c}{\eta} = \frac{3,1091}{0,8} = 3,8864 \text{ kW}$$

Mivel a szerszámgép motorteljesítménye 9,6 kW, a simítási művelet teljesítményigényét ki tudja elégíteni.

A nagyolás gépi főideje:

A ráfutási hossz - $Y_1 = 0 \text{ mm}$

A túlfutási hossz - $Y_2 = 0 \text{ mm}$

A megmunkálási hossz - $L = 45 \text{ mm}$

A fogások száma - $i = 2$

$$tg = \frac{Y_1 + L + Y_2}{v_f} \cdot i = \frac{0 + 45 + 0}{1925} \cdot 2 = 0,04676 \text{ perc}$$

A simítás gépi főideje:

A fogások száma - $i = 1$

$$tg = \frac{Y_1 + L + Y_2}{v_f} \cdot i = \frac{0 + 45 + 0}{800} \cdot 1 = 0,0563 \text{ perc}$$

Műveletek főbb adatai

Az alábbi táblázat összefoglalja a megmunkálás műveleteit, a választott szerszámokat, forgácsolási paramétereket és műveleti időket.

6. táblázat A hagyományos megmunkálás műveleteinek adatai

A művelet sorszáma	Megnevezése	Választott szerszám	Választott lapka	vc [m/min]	f [mm/ford]	ap [mm]	fogások száma	tg [s]
1	Oldalazás tisztára, nagyolás	DCKNR 2020K 12	CNMG 12 04 16-XMR 4415	283	0,362	3,06	1	2,514
2	Oldalazás tisztára, simítás	DCKNR 2020K 12	CNMG 12 04 16-XMR 4415	283	0,292	1,94	1	2,514
3	Központfúrat elkészítése	DIN 332 B 4x8,5 központfúró		40	0,3	-	1	2
4	Lánckerékváll kialakítása, nagyolás	DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 08-PR 4425	283	0,21	2	1	16,428
5	Lánckerékváll kialakítása, simítás	DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 08-PR 4425	257	0,1	0,5	1	34,5
6	Csapágyváll kialakítása	DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 08-PR 4425	220	0,21	2,5	1	9
7	Oldalazás méretre, nagyolás	DCKNR 2020K 12	CNMG 12 04 16-XMR 4415	283	0,362	3,06	1	2,514
8	Oldalazás méretre, simítás	DCKNR 2020K 12	CNMG 12 04 16-XMR 4415	283	0,292	1,94	1	2,514
9	Központfúrat elkészítése	DIN 332 B 4x8,5 központfúró		40	0,3	-	1	2
10	Másik oldali csapágyváll kialakítása, nagyolás	DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 08-PR 4425	201	0,35	3,04	1	15,78
11	Másik oldali csapágyváll kialakítása, nagyolás	DCLNR 2525M 19	CNMG 19 06 08-PR 4425	220	0,21	1,96	1	
12	Első reteszhorony marása, nagyolás	2F342-0800-050-PC 1730		88	0,55	1,75	2	2,806
13	Első reteszhorony marása, simítás	2F342-0800-050-PC 1730		100	0,2	0,5	1	3,378
14	Második reteszhorony marása, nagyolás	2F342-0800-050-PC 1730		88	0,55	1,75	2	2,806
15	Második reteszhorony marása, simítás	2F342-0800-050-PC 1730		100	0,2	0,5	1	3,378

Forrás: Sandvik ToolGuide

4.2 Gyártástervezés CNC gépekre

A CNC gépen történő megmunkálást a vállalatnál található DMG NEF400-as esztergagépre terveztem, mely képes hajtott szerszámok alkalmazására is, ezáltal a tengelyen található reteszhoronyok megmunkálása sem probléma számára. A megmunkálás során a már korábban kiválasztott marószerszám és központfúró ugyan megfelel a CNC megmunkálásnál is, azonban az esztergakést le kell cserélni egy balos kivitelűre, mivel a szerszámgépben a szerszám a munkadarab mögött helyezkedik el, így felfelé néző lapka esetén a megmunkálás iránya megváltozik a Bickenbach esztergán végzetthez képest. Így a választott késszár DCLNL

2525M 19 jelűre módosul. A műveleti sorrend némileg eltér a hagyományos megmunkálásnál alkalmazottól, de a főbb lépések azonosak maradtak:

1. Darabolás
 1. befogás
 2. darabolás méretre
2. Esztergálás
 1. befogás
 2. oldalazás tisztára
 3. központfurat elkészítése
 4. lánckerék váll kialakítása
 5. csapágyváll kialakítása
 6. reteshornyok kialakítása
 7. fordítás
 8. oldalazás méretre
 9. központfurat elkészítése
 10. csapágyváll kialakítása
3. Végellenőrzés
 1. méretek ellenőrzése
 2. felületi minőségek ellenőrzése

Látható, hogy kevesebb befogásra van szükség, valamint egy gépbeállítási műveletet is elhagyunk, ezáltal a mellékidők jelentősen csökkennek, valamint a felfogásokból származó hibák esélyét is csökkentettük. A CNC programot az EdgeCAM nevű szoftver segítségével készítettem el. Az EdgeCAM egy olyan szoftver, mely egy 3D modell alapján, megfelelő adatok bevitele segítségével (előgyártmány, a gyártandó munkadarab anyaga, a gép szerszámtárában rendelkezésre álló eszközök, stb.), a felhasználó utasításainak megfelelően létrehoz egy CNC megmunkáló programot, melyet a szerszámgépek képesek futtatni. Ez a folyamat a számítógép segítette gyártásnak, a CAD azaz a számítógép segítette tervezés továbbgondolásának első lépcsőfoka, hiszen képesek vagyunk úgy létrehozni és szimulálni megmunkálási programokat, hogy nem szükséges a szerszámgép közvetlen közelében lennünk, csupán egy megfelelő teljesítményű számítógépre van szükségünk.

Emellett a megmunkálás egy részét ISO 6983 szabvány szerinti, úgynevezett „G kódos” programozási nyelven is elkészítettem. Ez a lánckerék és a csapágyváll kialakítását célozza,

tartalmazza a munkadarab oldalazását, a lánckerékváll és a csapágyváll nagyolását, valamint simítását.

4.3 Gyártási módszerek összehasonlítása idő és gazdaságosság szempontjából

A hagyományos gépeken történő megmunkálás, valamint a modern CNC gépeken történő forgácsolás összehasonlítása talán a gyártástervezők egyik legnehezebb feladata. Figyelembe kell venni a szükséges szakképzettségi szintet a két gép kezeléséhez, a gépek pontosságát, a felfogásokból és azok számából adódó hibák lehetőségeit, a szükséges megmunkológépek és megmunkálási műveletek számát, a szerszámok és az egyéb segédanyagok felhasználását.

Mint minden döntés meghozatalában, ebben az esetben is a számok jelentik a legnagyobb könnyítést. Ezek a számok a már korábban számolt normaidők. Mivel ezen tengelyek gyártása a vállalat életében igen ritkának tekinthető, ezért nehéz lenne a segédanyagokat és a mellékidőket meghatározni, hiszen ezek nagyban függenek attól is, éppen milyen jellegű volt az előző munkafolyamat, amelyről a gépkezelőnek váltania kell. Jelen összehasonlítás során csak a gépek fő- és mellékidejét veszem figyelembe, súlyozva az egyes gépek üzemeltetési költségeiből adódó korrekciós számokkal. Ez megfelelő pontosságú mérőszámokat szolgáltat számunkra a döntés meghozatalához. A gépek üzemeltetési költségeit az alábbi táblázat foglalja össze. Látható, hogy a CNC eszterga üzemeltetési költségei a hagyományos esztergának közel másfélszerese.

7. táblázat: A szerszámgépek üzemeltetési költségei

A gép megnevezése	Üzemeltetési költségek egységekben kifejezve
Bickenbach LZ20x1000	1
AVIA FNE 40P	1,23
DMG MORI NEF 400	1,43

Forrás: Hübner-H Kft.

A hagyományos megmunkálási folyamat gépi idejeit számítással, valamint a Sandvik ToolGuide segítségével határoztam meg, míg a mellékidőket mérések segítségével határoztam meg. Ezeket a 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat: Gépi fő- és mellékidők hagyományos megmunkálási eljárások esetében

Művelet sorszáma	Művelet megnevezése	Gép	Gépi főidő [s]	Mellékidő [s]
1	Oldalazás tisztára, nagyolás	Bickenbach eszterga	2,514	600
2	Oldalazás tisztára, simítás	Bickenbach eszterga	2,514	30
3	Központfurat elkészítése	Bickenbach eszterga	2	120
4	Lánckerékváll kialakítása, nagyolás	Bickenbach eszterga	16,428	180
5	Lánckerékváll kialakítása, simítás	Bickenbach eszterga	34,5	30
6	Csapágyváll kialakítása	Bickenbach eszterga	9	30
7	Oldalazás méretre, nagyolás	Bickenbach eszterga	2,514	300
8	Oldalazás méretre, simítás	Bickenbach eszterga	2,514	30
9	Központfurat elkészítése	Bickenbach eszterga	2	120
10	Másik oldali csapágyváll kialakítása, nagyolás	Bickenbach eszterga	15,78	180
11	Másik oldali csapágyváll kialakítása, simítás	Bickenbach eszterga		30
12	Első reteszhorony marása, nagyolás	Avia marógép	2,806	600
13	Első reteszhorony marása, simítás	Avia marógép	3,378	30
14	Második reteszhorony marása, nagyolás	Avia marógép	2,806	120
15	Második reteszhorony marása, simítás	Avia marógép	3,378	30

Forrás: Saját munka

Ezen adatokból látható, hogy az Bickenbach esztergán összesen 28,99 percet tölt el a munkadarab, míg az Avia marógépen összesen 13,21 percet. Ez összesen 45,2383 egységnyi összeget jelent.

A CNC program ciklusidejeit és a hozzárendelt mellékidőket az alábbi táblázat tartalmazza.

9. táblázat: Ciklusidők és mellékidők CNC megmunkálás esetében

Ciklus sorszáma	Rövid leírás	Ciklusidő [s]	Mellékidő [s]
1	Lánckerékváll felőli oldal kialakítása	1342	300
2	Csapágyváll felőli oldal kialakítása	649	300

Forrás: Saját munka

A CNC esztergával történő gyártás során összesen 43,18 percet tölt a gép a munkadarab elkészítésével, amely 61,75 egységnyi költséget jelent. Mivel a megmunkálási idők nem térnek el jelentősen a két gépnél, ezért a CNC géppel történő megmunkálás jelentősen drágábbnak bizonyult. Ilyen esetben figyelembe kell venni, hogy a többletköltség hordoz-e magával többlet

értéket is. Mivel a tengelyre a csapágyak szorítóhüvellyel lesznek felszere, ezért a tengely mérettűrése és felületi minősége a csapágyvállakon lehet némileg megengedőbb. A lánckerékvállnál megkövetelt felületminőség, méret és alaktűrés szintén elérhető hagyományos megmunkálási eljárással. A reteshornyok kialakítása is elvégezhető hagyományos géppel, amennyiben rendelkezésre áll osztófej. Ezen tények tudatában amennyiben a gyártóegységek kapacitása engedi, javaslom a tengely hagyományos eljárással történő elkészítését.

5. Következtetések, javaslatok

A szerkezet felülvizsgálása során arra jutottam, hogy a tartószerkezet jelentős módosítása nélkül, a lánchajtás lecserélésével megoldhatóvá válnak a gép üzemeltetése közben tapasztalható problémák. Azonban a tartószerkezet korából adódóan érzékenyebb lehet a megváltozott terhelésre, ezért fokozott ellenőrzést igényel majd a módosítások elvégzését követő időszakban. Nagy figyelmet kell fordítani a teherviselő elemek környékén található hegesztések épségének ellenőrzésére, a csapágyegységek és a lánc megfelelő kenésére.

Mivel a mozgatólánc teherbírását jelentősen megnöveltük, megfontolandó lehet a hajtómotor és a hajtott tengely közötti 12B-1 jelű görgős lánc érintetlenül hagyása, hiszen ez egy igen rövid lánc, túlterhelés esetén pedig a rendszerben ez a lánc, mint leggyengébb gépelem szenvedné el a károsodást és szakadna el, ezáltal el lehet kerülni egy biztonsági tengelykapcsoló beépítését a motor védelme érdekében.

Javaslom, hogy a vállalatnál található két azonos kazánkocsi mozgó berendezés hajtásrendszerét ne egyszerre módosítsák, így kézzel fogható összehasonlítási alapot szolgáltatva a két berendezés hatékonyságának vizsgálatához. Ugyanakkor időt hagyunk ezzel az esetleges problémák felmerüléséhez és elemzéséhez, gördülékenyebbé téve a karbantartási szokások kialakítását, valamint biztosítva a gyártás folyamatosságát azáltal, hogy mindig rendelkezésre állhasson legalább egy anyagmozgató gép.

Összefoglalás

Dolgozatomban egy gumiipari anyagmozgató berendezés mindennapi üzemeltetése során felmerülő problémákra kerestem megoldást. Több lehetőség megfontolása és anyagi tényezők figyelembevételére után a vázszerkezet érintetlenül hagyása és a mozgatóelemek lecserélése mellett döntöttem. A gépben található tengelyeket, csapágyegységeket, lánckerekeket és láncot úgy kellett megválasztanom, hogy az kompatibilis legyen a jelenlegi vázszerkezettel és jelentősebb módosítások nélkül, egyszerűen kivitelezhető konstrukciót hozzak létre.

A kereskedelmi forgalomban kapható alkatrészek kiválasztása és az egyedi alkatrészek rajzainak elkészítése után meghatároztam a hajtott tengely gyártástechnológiai paramétereit, a műveleti sorrendet, elkészítettem a CNC megmunkálási programját. Már az alkatrészek megtervezésekor is nagy figyelmet kellett fordítanom arra, hogy azok a vállalat gépparkjával legyárthatóak legyenek, valamint szerelésük egyszerűen kivitelezhető legyen a karbantartás számára rendelkezésre álló eszközök segítségével, ezért olyan felületi minőségeket, illesztéseket és gépelemeket választottam, melyek megfelelnek a konstrukcióval szemben támasztott követelményeknek és az említett technológiai kitételeknek.

Mint minden mérnöki feladat során, egy meglévő konstrukció újragondolásakor is kiemelt szerepet kap a megvalósíthatóság mellett a gazdaságosság is. A korábban említett döntésem, miszerint megtartom a jelenlegi vázszerkezetet is ezt szolgálta, valamint a választott megmunkálási eljárások is költséghatékonyak. Kerültem a szükségtelenül szűk tűrésmezőket és az indokolatlanul alacsony felületi minőségeket. Gazdasági elemzést végeztem, hogy az adott alkatrészeket a vállalat gépparkja milyen költségek mellett tudja elkészíteni akár hagyományos forgácsoló eljárásokkal, akár modern CNC gépek segítségével. Az elemzés kimutatta, hogy a hagyományos megmunkálási eljárások kedvezőbbek a vállalat számára, azonban megfontolandó lehet külső partnerek bevonása is a megmunkálások elvégzésére, hiszen egy kisszériás bér munkával foglalkozó cég hasonló árak mellett biztosítani tudja azt a kényelmet a vállalat számára, hogy nem kell a gépparkjának hasznos, termeléssel töltött idejét a tengelyek megmunkálására fordítania.

Irodalomjegyzék

Mellékletek jegyzéke

1. melléklet Excel segítségével végzett számítások eredményei.....
2. melléklet A tengelyek műszaki rajzai.....
3. melléklet A gépkönyv.....
4. melléklet Az egyetemes megmunkálás műveletterve.....
5. melléklet Az egyetemes megmunkálás műveleti utasítása.....

Ábrajegyzék

1. ábra. Vulkanizálási eljárások csoportosítása	2
2. ábra. Vulkanizáló gőzkazán.....	3
3. ábra. Műhely rendszerű termelési rendszer	4
4. ábra. A biztonság tartományai	6
5. ábra. ISO 606 szerinti kétsoros görgős lánc jellemző méretei	11
6. ábra. A WK-2 kiegészítő jellemző méretei	11
7. ábra. A választott lánckerék méretei.....	12
8. ábra. Jelenlegi konstrukció hajtó tengelye.....	13
9. ábra. A reteszekkel gyengített tengelykeresztmetszet	15
10. ábra. A hajtott tengely feszültségei.....	16
11. ábra. A hajtott tengely biztonságosságának gradiense	17
12. ábra. A szerkezet fizikai tulajdonságai	18
13. ábra. A hajtó tengely feszültségei.....	19
14. ábra. A hajtó tengely biztonságosságának gradiense.....	20
15. ábra. A választott csapágyegység főbb méretei.....	21
16. ábra. Az áthidaló szerkezet vizsgálata - izometrikus alulnézet	23

Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: Erőátviteli eszközök a rendszerben.....	10
2. táblázat: A választott lánc jellemző méretei.....	11
3. táblázat: A WK-2 kiegészítő mérettáblázata	12
4. táblázat: A választott lánckerék mérettáblázata.....	12
5. táblázat: Az egyetemes megmunkálógépek fő jellemzői	24
6. táblázat A hagyományos megmunkálás műveleteinek adatai	34
7. táblázat: A szerszámgépek üzemeltetési költségei	36
8. táblázat: Gépi fő- és mellékidők hagyományos megmunkálási eljárások esetében	37
9. táblázat: Ciklusidők és mellékidők CNC megmunkálás esetében	37